



种子活力

ZHONG ZI HUO LI

周爱清 罗顺 编著



农业出版社

PDG

作 者 自 序

粮食增产途径很多，其中提高种子活力，为奠定增收基础，乃是极为重要的一环。高活力的种子田间出苗率高而整齐，抗逆性强而高产。据报道在同样栽培条件下，采用高活力种子可增收20—40%，而且节约播种量，起到增产节约的双重作用。

自1953年国际种子检验协会（ISTA）设立种子活力委员会以来，开展了大量的广泛而深入的研究工作，世界各国都把种子活力作为重点研究。在理论上和技术上取得了很大成绩。近年来，我国也在开展此项研究工作。为了促进理论研究和实际应用，笔者搜集一些资料，汇编成《种子活力》一书，对种子活力作综合叙述，以供农业工作者特别是种子工作者参考。相信群策群力，种子活力研究在我国将会取得更大成果。特别在测定活力手段上，希望能研究出简单、准确、迅速的方法，以便广泛应用。

本书在编写过程中，得到张鸿漠先生的大力支持和帮助，任筱波先生对书稿也提出了宝贵意见，在此一并致谢。

限于水平，本书编写不够完善，甚至有误漏之处，望读者指正。

目 录

一、绪言	1
1. 种子活力研究的进展	1
2. 种子活力的概念	3
3. 种子活力在农业生产实践中的意义	8
二、种子活力的生理生化基础	12
(一) 老化与劣变	12
(二) 细胞膜结构及其功能的变异	13
1. 细胞膜结构的变化	13
2. 种子吸水时溶质外渗	14
3. 膜脂的氧化和过氧化作用	17
(三) 种子衰老时细胞器的劣变	20
1. 线粒体结构损伤	20
2. 蛋白体结构变化	20
3. 细胞器劣变及修复	21
(四) 遗传基础的变异	22
1. 染色体的损伤及其修复	22
2. 基因突变	25
3. DNA分子损伤	25
(五) 种子活力的能量基础	27
1. ATP与种子活力	27
2. 环境条件对种子能量状况的影响	28
3. 线粒体功能与呼吸作用	31
4. 幼苗能量状况的遗传与活力	33
(六) 蛋白质合成	34

1. 种子活力与蛋白质合成能力的相关性	34
2. 蛋白质合成系统的劣变	34
(七) 内源激素的变化	38
(八) 代谢毒物的积累	40
(九) 种子衰老的生理生化模式	40
三、影响种子活力的因素	44
(一) 遗传因素与育种选择	44
1. 活力的遗传表现	44
2. 种子大小与活力	47
3. 种皮色泽与活力	51
4. 种子的化学成分与活力	51
(二) 环境条件	53
1. 种子形成发育期间的环境条件	53
2. 种子贮藏条件与活力保持	60
3. 萌发和幼苗生长的环境条件与种子活力提高	65
4. 微生物侵染	68
(三) 种子年龄和成熟度与适时收获	69
(四) 种子脱粒、干燥、清洗和机械损伤	72
(五) 种子预措	73
四、种子活力的测定方法	76
(一) 直接测定法	76
1. 冷冻测定	76
2. 希尔特纳试验	77
3. 逆境浸种试验	78
4. 人工加速老化法	79
5. 发芽的生理测定法	81
6. 幼苗分级试验和幼苗生长试验	83
(二) 间接测定法	85
1. 电导率测定法	85
2. 四唑试验(TTC法)	88
3. ATP含量测定法	90

4. 酶活性测定法	61
5. 呼吸强度测定法	94
6. 蛋白质合成能力测定法	94
7. 葡萄糖利用量测定法	95
8. 线粒体量及活性测定	96
9. 浸种液之糖量测定	96
10. 机械损伤测定	98
11. 软X射线照射法	98
12. 负电性测定	99
13. 种子大小、重量测定	99
14. 乙烯量测定	99
15. 出苗力量测定	100
结语	101
五、种子预措	105
(一) 水分调节	106
1. 干湿处理	106
2. 渗透调节处理	108
3. 水分平衡	112
4. 预先催芽	112
(二) 物理措施处理	112
1. 磁场和磁化水处理	113
2. 辐射处理	113
3. 低频电流处理	117
4. 高频电场处理	118
5. 电磁波育秧	118
(三) 化学处理	119
1. 营养物质处理	119
2. 核苷酸类物质处理	120
3. 杀菌剂处理	120
4. 激素和调节物质处理	122
(四) 种衣和液播	125
(五) 组合处理	126

一、绪 言

1. 种子活力研究的进展

远在纪元前372年, Theophrastus就对种子萌发、生长、成熟以及环境条件对萌发的影响有所观察。1876年, Nobbe发表了《种子手册》一书,把种子作为一门科学提出来了。在这本书中, Nobbe提到由于种子内部的变化而使不同的种子批发芽和幼苗生长速度表现不同。他将此现象称之为产生力 (Triebkraft) 意即推动力 (driving force), 实际上即今日的活力 (vigor或vigour) 的同义语。

1890年, Churchill曾报道豆类大粒种子萌发及幼苗生长速度快于小粒种子, 而后Itays (1896)、Hicks和Dabney (1897)、Clark (1904)、Zavits (1910) 以及Cummings (1914) 都曾指出许多作物粒大饱满的种子对生长有促进作用。

1911年, Hiltner和Ihseen最早利用砖砂法测定感染镰刀霉菌的谷物种子, 认为凡受该菌感染的种子, 发芽时芽鞘变短, 不能穿透3 cm厚的砖砂层。此法现今仍在采用, 在欧洲用于测定小麦和黑麦的活力, 称之为希尔特纳测定法。

1928年, 美国种子检验人员注意到种子在实验室发芽的幼苗有的正常, 有的不正常, 认为土壤作为发芽床, 往往因土壤水分含量、温度、微生物活动、土壤成分和酸碱度不同, 很难取得一致结果。这说明种子存在着活力问题, 而

且发芽与环境条件有着密切关系。

1933年高斯 (Goss) 总结其25年的发芽试验, 提出这样的问题: “当我们比较两个样品时, 一个发芽率为96%, 一个为62%, 实际上62%发芽率的种子在贮藏过程中已经受到损害了。难道我们不可根据贮藏条件预测种子的劣变过程吗?” 此问题的提出进一步推动了种子活力研究的广泛开展。Dolouche和Caldwell (1960) 以及Justice和Bass (1978) 均已证明活力下降在发芽率下降之先, 就是说发芽力尚未下降时, 活力已开始衰退了。Hassington (1973) 认为在种子生理成熟后即走向劣变过程。Dolouche (1965) 所创的加速老化法, 便可预测种子的耐贮性, 以避免贮存不耐藏的种子带来的发芽力的丧失。Roberts (1972) 根据种子在不同水分和不同温度下, 曾推导出对数直线回归方程式, 用以预测种子在贮藏期间的劣变程度。

活子的研究进展总是与测定方法相联的。希尔特纳试验的提出, 活力便引起了人们的注意, 而玉米冷试验法的应用使活力开始成为一个学术上的概念。玉米冷试验是 Holbert 和 Dickson (1926) 提出的。Reddy (1933, 1935) 将此方法应用到测定经灭菌剂处理而播种在低温、潮湿的土壤中的玉米种子的发芽能力上, 随后又被应用于其他作物。这种在不良条件下所测得的发芽能力与在适宜条件下的发芽试验显然是不同的。

40年代, 四唑法被用于种子检验, 即TZ法或TTC法。Iakon (1942) 用此法快速测定种子生活力, 既可避免发芽试验中环境对种子的影响, 又可克服休眠的障碍。TTC法后来又用于活力测定。活力测定是按定量的方法, 即以丙酮或乙醇将脱氢酶使四唑还原成红色的三苯基甲臍提取出来。然

后测定光密度，光密度大者表明活力强。

50年代是活力研究上的最重要时期。1950年Franck把最适人工培养条件下做的实验称为“萌发试验”，而将采用与土壤类似的实验称为“幼苗活力”测定。因此，1950年的国际种子检验协会将种子活力与生活力区别开来而作为种子品质的一个独立因素。进而，于1953年在爱尔兰召开的国际种子检验协会（ISTA）代表会议上，正式成立了种子活力检验委员会，以研究和确定种子活力的概念及其测定方法。从而使活力研究进入了一个新阶段。Woodstock等在活力的生理生化测定方面的系统研究，总结出了一系列的测定方法。T.M.Ching等对种子活力的生化及能量基础以及活力丧失有关的细胞器劣变进行了深入研究，Roberts等对影响种子活力的遗传及环境因子的研究也做了大量的工作，使活力理论逐步完善。Hedecker等用各种物理及化学方法处理种子，以提高活力，把活力理论与生产实践结合起来。这些研究工作使种子活力逐步形成了一个完整的系统。

2. 种子活力的概念

种子活力定义是长期争论的一个问题，定义的形成经历了20多年的时间。

1954年，Isely试图给种子活力确定一个明确的定义。到1957年，他用图示将发芽试验与活力测定区别开来（图1.1），并给活力下了这样一个定义：活力是种子在不利的田间条件下成苗的一切特性的总和。这个定义强调了种子的田间表现。Isely认为田间条件是影响种子活力的最基本因素，从种子检验的观点出发，活力应与田间成苗的可能性联系起来，活力高的种子在广泛的条件下能成苗。1960年，Dolouch和Coldwell认为Isely的定义过分强调了土壤的环境条

件，而忽视了在形成幼苗以外的活力表现，如与有利发芽条件下的活力差别。因此，他们将活力定义作了修改，即活力是所有种子迅速、整齐一致成苗的种子特性的总和。它包括了田间有利和不利的条件，并提出以幼苗整齐度作为种子质量指标。他们也用图示表示了活力与生活力及衰变的关系（图1.2）。

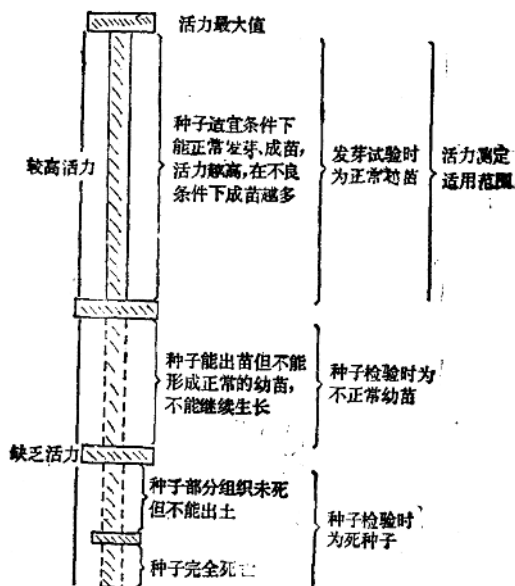


图1.1 种子发芽与活力之间的关系 (Isely 1957)

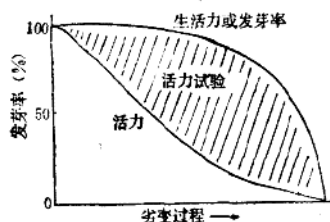


图1.2 种子劣变过程中生活力与活力的关系 (Delorche和
Caldwell 1960)

Woodstock (1965) 的研究使活力概念又向前迈进了一步。他指出: 种子活力是遗传基础控制的, 在广泛的环境条件下能迅速产生幼苗的能力。它包括种子健康度和饱满度。1969年他对此定义又进行了修改, 即活力是种子萌发速度或者强度的表现或者是对老化以及对环境条件的共同反应 (图1.3)。Woodstock的定义进一步表明活力受遗传和环境的控制, 而表现为发芽速度和强度。

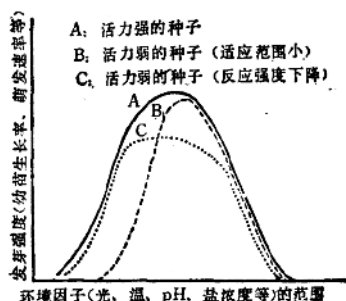


图1.3 种子活力双向量分析的理论曲线 (Woodstock 1969)

此外, Derry (1973) 在研究豌豆种子活力的基础上提



北林图 A00085585

405025

· 5 ·

出种子活力是种子的生理特性，它受基因型和环境控制，体现种子在土壤中迅速成苗的能力和种子对环境因子的忍耐程度。活力可影响作物的一生及最终产量。这个定义综合了前人的研究成果，反应活力特点比较全面。

到1977年，国际种子检验协会（ISTA）代表大会通过了活力的统一概念。即“种子活力是决定种子和种子批在发芽和出苗期间的活性强度和那些种子特性的综合表现。表现好的种子称为高活力种子，表现差的种子称为低活力种子”。所谓综合表现包括：（1）发芽期间一系列生化反应如酶的活性和呼吸强度。（2）种子发芽和幼苗生长的速度和整齐度。（3）田间出苗和生长速度及整齐度。（4）在不良环境条件下种子的出苗力。活力强度可持续影响植株的生长及产量。

1980年，美国官方种子检验协会（AOSA）也对活力下了一个定义：在广泛的田间条件下，影响种子迅速均匀出苗及生长正常幼苗的全部潜在能力的特性统称为活力。所谓“广泛田间条件”包括适宜条件和不适宜条件。此定义与国际种子检验协会所下的定义并无不同。这里需要指出的是，活力既不同于生命力，又不同于生活力。生命力是指种子生命之有无，即是死的，还是活的。这还比较容易理解。而活力与生活力两者的含义，则比较容易混淆。

生活力是单指潜在的发芽力。所谓潜在的发芽力，就是说已休眠的种子或未通过休眠而经过处理解除休眠的种子的发芽能力，通常以发芽势和发芽率表示，是在室内适宜的条件下在发芽床中进行试验测得的。一般说来，室内发芽率高，田间出苗率也高；反之，室内发芽率低，田间出苗率必低。但有时也不尽然，室内发芽率相同的种子，田间出苗率可能

有差异。例如三批大豆种子其室内发芽率同为85%，但田间出苗率各不相同（表1.1）。

表1.1 室内发芽率同为85%的三批大豆种子的田间出苗率

种子批	田间出苗率 (%)					
	1	2	3	4	5	平均
I	18	29	82	56	48	47
II	72	56	85	72	77	72
III	7	7	54	34	10	22

何以发芽率相同的种子，田间出苗率有差异，这便是活力问题。活力是指种子的健壮度，含义比较深刻，包括萌发迅速整齐的发芽潜力和生产潜力。活力高的种子，发芽迅速整齐，幼苗茁壮，出土力和生产力都很强，即便在不利的田间条件下也表现顽强。一般来说，发芽力与活力呈正相关，但也不尽然。对活力高的种子，两者是正相关，但对低活力的种子，室内发芽率高，田间出苗率就不一定高。可以说活力不同于发芽率，又是发芽率的补充。必须明确，活力乃是种子品质的一个独立因素。发芽试验的最大优点是可以用百分数明确表示，而且方法简单易行，标准容易统一，各种作物皆可应用。而活力测定尚存在许多不足之处：其一，到目前为止，活力高低还无法以数值表示。Atkinson (1960) 提出用能荷 (Energy Charge简称E.C) 表示活力的高低。凡能荷小于0.5表示活力低，在0.8以上表示活力高。但能荷测定非常复杂，不易推行，而且能荷表示活力也未被大量试验证实。至于活力指数，只可比较不同样品间活力大小的差异，不能反映活力高低的界限。其二，各种作物还没有统一

的活力测定方法。某一方法对某种作物有效，而对另一种作物未必有效。比如玉米用低温法测定，而低温测定对豌豆则无效，豌豆多用电导率测定。其三，所谓在不利条件下的逆境试验，其逆境包括许多因子，如土壤、水分、温度等等。它在一个地区可能意味着冷和湿，而另一个地区可能意味着热和干，都是逆境，但差别很大，种子很难在任何条件下都表现活力高。

应当肯定，活力测定在农业生产上是极为重要的，如何研究出统一的，简单易行而又准确的测定方法，乃是我们面临的重要课题。

3. 种子活力在农业生产实践中的意义

农谚有云：“好种出好苗”，所谓好种主要要求活力高，早出苗，出齐苗，出壮苗，以取得高产早熟的效果。种子活力为更准确检验种子质量提供了新的方法。长期以来，发芽试验作为种子质量检验方法，发芽试验所测得的发芽率实际上代表种子生活力。由于试验条件很难与田间条件相同，因此它往往只是种子质量的粗略估计。常规的发芽试验难以预测种子形成幼苗的能力。只有发芽与不发芽差别，发芽种子之间的差别不能测得。发芽百分数往往不能表现种子批的实际生产潜力。发芽率相同的种子，田间出苗及生产能力会产生很大差别，特别是在不利的环境条件下。种子劣变是一个量变到质变的过程，而只有当种子发生劣变死亡后才不发芽。因此，发芽试验只是从有限的方面估测了劣变的一部分，即种子生命力丧失的比例。这乃是发芽试验的重要缺陷。而活力测定则克服了发芽试验的缺陷。活力与发芽百分率的差别，可以下面的例子说明。34个发芽率为80—85%的棉籽，分两次播种，田间出苗率却相差很大（表1.2）。将发芽率

大于80%的94个大豆样品比较,结果也表明发芽率相同,而出苗率不一定相同,用发芽率难以预测田间出苗表现(表1.3)。因此单项的发芽试验难以体现种子的质量水平。活力的测定则能体现种子的生产性能,更全面准确代表种子质量水平,而且能预测种子的贮藏变化。

表1.2 34个发芽率为80—85%的棉籽样品的田间出苗表现
(据Delouche 1981年)

种植时间	不同田间出苗率的小区数					
	>80%	70—79%	60—69%	50—59%	40—49%	<40%
4月中旬	1	8	11	6	3	5
5月中旬	6	10	13	2	2	1

表1.3 94个大豆种子样品田间出苗和实验室发芽的比较
(据Delouche 1973年)

田间出苗率 (%)	实验室发芽百分率 (%)			
	90—94	85—89	80—84	总数
	样 品 数 量			
>90	5	0	0	5
80—89	9	12	0	21
70—79	10	14	6	30
60—69	2	8	4	14
50—59	3	6	6	15
40—49	0	3	2	5
<40	0	4	0	4
总数	29	47	18	94

采用高活力的种子具有多方面的作用：

(1) 增加产量。据报道美国采用高活力的大豆、豌豆、大麦、小麦、玉米、莴苣、萝卜、黄瓜、南瓜、番茄、辣椒等种子播种，可增产20—40%。而低活力的种子，那怕发芽率高达80—90%，由于出苗率不高也会影响生产。

(2) 减少播种量、节约用种。低活力种子在田间出苗少、死苗多，要保证田间基本苗，就必须加大播种量。如果田间出苗率提高，则用种量就减少。这对于贵重种子，意义更大。

(3) 缩短萌发和幼苗生长期。高活力种子发芽出苗快、生长快，增加光合时间。出苗提早一周，生育期即可相应缩短，从而提早成熟期。

(4) 出苗整齐、成熟一致。高活力种子出苗整齐，成熟一致；便于机械化收割。同时缺株少。有些作物缺株还可借分蘖或分枝来补充。但在玉米，如果缺株会影响产量。

(5) 提早播种。某些作物生长季节短，要求提早播种，只有高活力的种子早播才能长出好苗。早播早熟可早收获。蔬菜如能提早一周上市，其价格可能提高很多。

(6) 提高植株品质。高活力种子促进分蘖。活力高的小麦种子可增加分蘖2个左右。Beltsuille曾研究烟草，将出苗早3天的幼苗（活力高）与迟3天的幼苗（活力低）分别栽植，结果迟出苗的生长很差，品质也不好。高活力的大豆种子，经接种长出的植株，根瘤又大又多。

(7) 增强抗逆能力。在某些干旱国家如伊朗，小麦播种必须播得相当深（约10cm），种子才可吸收水分，而活力低的种子，在此条件下出苗困难，以致窒息而死。同样在某些盐碱地区，也必须采用高活力的种子。

(8) 提高种子的耐贮性。高活力种子, 足以延长贮藏寿命, 这对种子经营, 关系至大。第一年用不完的种子, 第二年还可再用。以免转作商品粮出售造成经济损失。

低活力种子对农业生产可带来很大损失。据估计, 美国由于种子质量问题而造成的损失每年约十亿美元, 收成减少5%。我国是农业大国, 种子生产、经营、检验及技术都比较落后, 加强这方面的研究是很必要的, 这对于种子生产、贮藏、种子质量检验、种子加工处理技术的应用都具有重大意义。

主要参考文献

- [1] 傅家瑞, 植物生理学通讯, 1984(4), 13—17
- [2] 郑光华, 种子, 1985(6), 28—30
- [3] Woodstock, L.W., 种子, 1982(3), 56—67
- [4] Grabe, D. F., J. Seed Technol., 1976(2), 18—22
- [5] Goss, W.L., Proc. Assoc. off Seed Anal., 1933, 275—278
- [6] Heydecker, W., Proc. Int Seed Test Assoc., 1972(37), 379—395
- [7] Isely, D., Proc. Assoc. of Seed Anal., 1957(47), 176—182

二、种子活力的生理生化基础

(一) 老化与劣变

种子，这个脆弱而活着的有机体，在它刚成熟时，其生命活力达到最高水平；随后，生命将随着不停的衰老过程向着死亡推移，而活力也愈来愈降低。这种不停的衰老过程就是老化和劣变。老化与劣变的实质是指种子内包含的贮藏物质经受一系列物理、化学和生理生化过程的破坏，导致细胞结构和功能的损伤和失调，使种子活力下降。这种生命进程，最终导致死亡。老化或衰老一般是指自然老化，在高温高湿条件下，老化过程会加速。劣变是指种子生理机制的恶化。老化和劣变常常是伴随而不可分割的。劣变还包括种子遇有极端逆境造成活力下降甚至丧失的情况。如高温引起蛋白质变性和酶系统钝化等。但一般来说，老化和劣变的实质是一致的。

衰老是一切生物不可抗拒的自然规律。种子衰老意味着活力下降，它通常是由一系列的生理生化变化开始的。如脂类物质的自动氧化致使膜系统损伤，并影响到酶系统和核酸；种子逐渐积累自身的代谢毒物，造成生理生化机制的障碍，以及诱导染色体畸变；一些生命过程不可缺少的物质如辅酶、维生素等遭到破坏。这些生理生化变化也有一个过程，其变化的程度也反映到活力水平上。

种子衰老劣变过程最初发生膜的损伤，最终导致种子死